

составе МД содержания СОФ до 80 мас.%, из клинкера марки «500» возможно получение цементов с прочностью 46,0-47,9 МПа, что соответствует марке цемента «400» (составы под номерами 8-11).

### Литература

1. Болдырев А.С., Золотов П.П., Люсов А.Н. и др. Строительные материалы: Справочник. – М.: Стройиздат, 1989. – 567 с.
2. Волконский Б.В., Судакс Л.Г. Справочник по химии цемента. – Ленинград: Стройиздат, 1980. – 220 с.
3. Кравченко И.В., Мешик Т.Т. Краткий справочник технолога цементного завода. – М.: Стройиздат, 1974. – 303 с.
4. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник для вузов – М.: Высш. школа, 1980. – 472 с.
5. Пат. UZ IAP 04771. Цемент / Ш.Ю. Атаджанов, Э.И. Курбанов, Ф. Кадырова, А.А. Мухамедбаев, К. Шакамалов. Заявл. 06.12.2010; Оpubл. 29.11.2013; Бюл. № 11.

## ГРАНУЛЯЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Г.И. Сараев, В.В. Шевцова**

Научный руководитель - доцент В.В. Тихонов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Проблема накопления отходов производств стала особенно актуальной в связи с интенсивным их накоплением за последнее столетие функционирования промышленности. Отходы и выбросы бывают по фазовому состоянию газообразные, жидкие и твёрдые. Часть жидких отходов так же может быть переведена в твёрдое состояние, путём осуществления реакций осаждения или выпариванием жидкости. Твёрдые отходы, как правило, представлены реже в виде крупнокусковых, и гораздо чаще – дисперсными и мелкодисперсными (пылевидными).

Стоит отметить, что наиболее опасные отходы сформировались в химической промышленности предприятий ядерного цикла. Однако наибольшие объёмы образованы в результате деятельности предприятий добывающей и горно-обогатительных отраслей.

Мелкодисперсность отходов обогащения обусловлена тем, что извлечение целевого компонента практически любым из известных способов обогащения, подразумевает измельчение руды с целью высвобождения извлекаемого компонента физическими, физико-химическими методами (магнитная сепарация, гравитационные методы, методы флотации и т.п.) или обеспечение доступа реагентов при извлечении химическими методами (выщелачивание). Достигнутая при этом степень извлечения определяется рядом факторов: существовавшим уровнем технологии на момент образования отхода и экономически обусловленной целесообразностью. В подавляющем большинстве случаев, извлечению при этом подлежит один целевой компонент и гораздо реже речь идёт о комплексном подходе.

Хвосты и отвалы от извлечения были депонированы «до лучших времён». Отвалы содержат кроме вмещающей породы недоизвлечённый целевой компонент и сопутствующие компоненты. Так, например, медно-никелевым рудам сопутствуют золото и металлы платиновой группы, железорудные месторождения могут содержать золото и другие компоненты в количествах выше кларковых. В свою очередь, золоторудные месторождения сопровождаются железом, медью, мышьяком.

Отвалы не являются постоянными во времени по своей реакционной способности. Вызвано это тем, что кроме того, что они первоначально подверглись воздействию (измельчение, хим. реагенты) при извлечении целевого компонента, но ещё и с извлечением компонента нарушилось существовавшее равновесное состояние минерала. Существенно сказывается так же наличие контакта с кислородом воздуха, влагой и остаточным содержанием реактивов или продуктов их разложения. По истечении времени, лежалые отвалы могут представлять даже больший интерес, как сырьё для вторичного применения в качестве сырья в виду произошедших изменений и увеличения доступности содержащихся в них компонентов для извлечения, несмотря на малые количества извлекаемых полезных компонентов.

С нашей точки зрения наиболее перспективным является перевод мелкодисперсных лежалых отвалов в гранулированную форму. Процессы гранулирования известны достаточно давно, аппаратно и технологически проработаны и успешно применяются в ряде отраслей. В том числе – как крупнотоннажные процессы. Получение пористых и прочных гранул из мелкодисперсных лежалых отходов решает две основные проблемы:

- повышает технологичность вторичной переработки;
- переводит материал из отвального в применимый к хозяйственному применению.

Повышение технологичности. Как уже ранее было обозначено, отвалы содержат в себе значительно меньшие количества полезных извлекаемых компонентов, чем первичная руда. Следовательно, способ доизвлечения должен быть с минимальными затратами. Как наиболее вероятный видится способ кучного выщелачивания, как один из самых низко затратных и наиболее ёмких (в плане вовлечения в процесс объёмов сырья). Гранулированный материал, полученный методом окатывания, имеет хорошую пористость самих гранул и порозность слоя гранул, следовательно – лёгкую доступность для реагентов и хороший отвод продуктового раствора.

Перевод материала в востребованную форму. После доизвлечения, гранулированный материал уже не содержит в себе вредных компонентов (или содержит их в минимальном количестве), не пылит в отличие от мелкодисперсного отвального сырья, из которого он произведён. Не требует обеспечения специальных условий

хранения и транспортирования, успешно может быть применён в качестве отсыпок при дорожном строительстве или в качестве заполнителя при строительстве.

Основной технологической задачей является подбор связующего при гранулировании для достижения требуемой прочности, пористости и устойчивости к действию реагентов.

В качестве объектов исследования были взяты кеки Ново-Берикульской и хвосты Комсомольской золотоизвлекательных фабрик. Остаточное среднее по массиву отвала содержание потенциально извлекаемых кучным способом ценных элементов приведено в таблице 1.

Таблица 1

*Содержание некоторых металлов, г/т, в отвалах ЗИФ Ново-Берикульской и Комсомольской*

Отвал ЗИФ	Au*	Ag**	Zn**	Cu**
Н-Берикульская	4,9	29	599	525
Комсомольская	2,46	101	1223	80,4

\* – по результатам «Иргиредмет»;

\*\* – по результатам «Химико-аналитического центра «Плазма», г. Томск

По содержанию золота наибольший интерес представляют кеки Ново-Берикульской фабрики. Для них был исследован гранулометрический состав образцов. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Гранулометрический состав кеков Ново-Берикульской ЗИФ*

Класс крупности, мм	+1,0	-1,0+0,5	-0,5+0,1	-0,1+0,074	-0,074+0,05	-0,05+0
Выход, %	15,2	4,3	9,1	4,6	11,5	55,3

В качестве связующего был использован портланд цемент ЦЕМ I 42,5Б «Сибирский цемент». Для определения содержания связующего и определения рабочей влажности для гранулирования методом окатывания, были спланированы и проведены серии опытов по вибробрикетированию с пригрузом – как физической модели процесса гранулирования методом окатывания. Диаметр вибробрикетов составлял 10 мм. Каждая точка выполнялась в трёх последовательностях. Определялись прочность после 14 дней твердения на воздухе. Полученные данные на вибробрикетах пересчитывались на гранулы диаметром 10 мм, соизмеримого с диаметром брикетами. Результаты пересчёта прочности гранул в зависимости от содержания цемента приведены в таблице 3.

Таблица 3

*Прогнозируемая прочность на раздавливание гранул в зависимости от содержания цемента*

Содержание цемента, %	5	10	20	30
Разрушающее усилие, Н	74	273	452	548

Полученные данные будут использованы нами для технико-экономических обоснований в том числе, для расчётов высоты слоя гранул в грядке для кучного выщелачивания в зависимости от содержания цемента при гранулировании.

#### Литература

1. Введение в оценку, проектирование и получение благородных металлов способом кучного выщелачивания / Под ред: Дирк ван Зил, Иэн Хатчисон, Джин Кил. Перевод под ред. проф., д.т.н. М.И. Фазлуллина. Общество горных инженеров. – Литтлтон, Колорадо, 1988.
2. Кучное и подземное выщелачивание металлов / Г.Д. Лисовский, Д.П. Лобанов, В.П. Назаркин и др. Под ред. С.Н. Волощука. – М.: Недра, 1982. – 113с.
3. Черняк А.С. Процессы растворения: выщелачивание, экстракция. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1998. – 407 с.
4. Классен П.В. Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. – М.: Химия, 1982. – 272 с.
5. Тихонов В.В., Налесник О.И. Техногенные месторождения перспективный источник минерального сырья. // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 1-5 апреля 2013 г. в 2 т. – 2013. – Т. 2. – С. 166 – 167.